

# Potentialités de l'application de l'oxymétrie à infra-rouge basée sur la pulsation dans l'espèce canine

M. LEMAIRE, T. ART, M. HENROTEAUX, P. LEKEUX.

Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Liège,  
Bât. B 42, Sart-Tilman, B-4000 Liège.

Manuscrit déposé le 08/11/1990.

## INTRODUCTION

La mesure de l'oxygénation du sang artériel et de la fréquence cardiaque par oxymétrie à infra-rouge basée sur la pulsation a, depuis quelques années, fait son entrée en médecine humaine. Les avantages de cette mesure sont multiples, et parmi ceux-ci le fait qu'elle peut être pratiquée de façon instantanée, non invasive et continue. Par conséquent, elle offre la possibilité de pratiquer une surveillance continue soit lors d'urgence afin de rendre possible un traitement rapide et adéquat (Cardenas, 1986; Severinghaus et Naifeh, 1987), soit en soins intensifs (Tyler *et al.*, 1985; Lew et Hanning, 1986; Plenderleith *et al.*, 1986), soit lors d'anesthésie pour corriger rapidement une hypoxémie (Asari et Kemmotsu, 1976; Friesen, 1985; Abbott, 1986; Hanning, 1986), soit enfin en néonatalogie où elle s'est avérée être particulièrement précieuse (Fait *et al.*, 1985; Myyasaka, 1986; Sendak *et al.*, 1985; Sendak *et al.*, 1986; Sendak et Harris, 1987).

Le but de la surveillance en continu est de protéger la santé du patient.

## RESUME

Les possibilités d'application en médecine vétérinaire de l'oxymétrie à infra-rouge basée sur la pulsation ont été investiguées sur des chiens lors de 3 protocoles expérimentaux.

Dans un premier temps, la corrélation entre la fréquence cardiaque (FC) donnée par électrocardiographie et par oxymétrie a été étudiée alors que le capteur de l'oxymètre était placé sur la peau des chiens ( $n = 4$ ) en différents endroits, c'est-à-dire : la peau du ventre, l'espace interdigité, l'oreille, la lèvre supérieure et la langue. Seule la langue s'est avérée être un site fiable pour le placement des capteurs.

Dans un deuxième temps, la fiabilité des mesures de FC et de la saturation du sang artériel en oxygène ( $SaO_2$ ) par oxymétrie a été étudiée en comparant ces mesures à des mesures de référence faites, respectivement, par électrocardiographie (ECG) et par mesure di-

recte de la pression partielle en oxygène du sang artériel ( $PaO_2$ ). Ces tests ont été faits sur chiens anesthésiés ( $n = 5$ ) en conditions normoxique, hypoxique et de récupération après hypoxie. Les mesures de FC par ECG et oxymétrie de même que les changements relatifs de la  $SaO_2$  et  $PaO_2$  au cours des différentes phases du protocole étaient bien corrélés. Par contre, les valeurs absolues de la  $SaO_2$  obtenues par oxymétrie étaient significativement inférieures à celles calculées à partir de la  $PaO_2$ . Dans un troisième temps, un suivi de l'anesthésie a été réalisé sur 5 chiens lors d'interventions chirurgicales majeures. L'oxymètre s'est à nouveau révélé parfaitement fiable pour la mesure de la FC, la valeur de référence étant mesurée grâce à un stéthoscope œsophagien. La  $SaO_2$  était en moyenne de 95 % et restait remarquablement stable tout au long de l'opération. L'application du capteur était aisée et rapide. Le signal auditif donnant la FC (fréquence des sons) et la  $SaO_2$  (gravité des sons) offre donc un moyen précieux pour le suivi de l'anesthésie.

Il a été conclu de cette série d'expériences que (1) l'oxymètre à infra-rouge basé sur la pulsation, tel qu'il est fourni actuellement, ne permet pas de mesurer les valeurs absolues de la  $SaO_2$  chez le chien, ce qui en limite l'utilisation en recherche; (2) le capteur, tel que fourni actuellement ne permet chez le chien que des mesures à la langue; son utilisation pour la clinique, c-à-d sur des animaux non tranquilisés, nécessiterait donc une adaptation du capteur et (3) l'oxymètre à infra-rouge basé sur la pulsation, utilisé dans les conditions actuelles, est un moyen utile pour le suivi de l'anesthésie chez les chiens.

En effet, les dangers de l'hypoxémie dans les états critiques ou en anesthésie sont bien connus. L'analyse des gaz sanguins à partir d'un prélèvement de sang artériel constitue la méthode de contrôle la plus courante, mais elle est discontinuée et peut manquer ainsi les périodes transitoires d'hypoxémie importante pouvant dangereusement compliquer un état déjà critique. (Flick et Block, 1977; Shimada *et al.*, 1984; Hanning, 1986, Lew et Hanning, 1986; Severinghaus et Astrup, 1986; Lafeber, 1988).

L'oxymétrie consiste en la mesure de la saturation en oxygène ( $O_2$ ) de l'hémoglobine (Hb) (Tremper et Barker, 1986). Elle peut se faire de façon directe sur prélèvement sanguin artériel, mais elle a l'avantage actuellement de pouvoir se faire de façon non invasive, soit par le biais des électrodes bipolaires de Clark, qui permettent une mesure transcutanée de la pression partielle en  $O_2$  ( $PtcO_2$ ) (Huch *et al.*, 1973; Huch *et al.*, 1976; Shoemaker et Vidyasagar, 1981; Barker et Tremper, 1985; Fancioni *et al.*, 1985; Hanning, 1986; Lew et Hanning, 1986), ou une mesure palpébrale ou conjonctivale de cette même pression partielle ( $PcjO_2$ ) (Kwan et Fatt, 1971; Van Der Zee *et al.*, 1985; Lew et Hanning, 1986; Faulkner, 1988), soit grâce à une nouvelle génération d'oxymètres basés sur le double principe de la spectrophotométrie et de la pléthysmographie. Cette dernière méthode, qui fait l'objet de la présente étude, est totalement non invasive et ne nécessite aucune calibration (Nakajima *et al.*, 1979).

Le premier principe, la spectrophotométrie, est basé sur le changement de la couleur de l'Hb du rouge foncé au rouge vif selon sa saturation en  $O_2$ . En effet le spectre d'absorption de la lumière de l'oxy-Hb et de l'Hb réduite est différent : quand l'Hb est complètement saturée en  $O_2$  ( $HbO_2$ ), l'absorption de la lumière rouge (R) est faible, c'est pourquoi elle apparaît rouge vif. Au contraire, elle absorbe beaucoup plus la lumière infra-rouge (IR).

Inversément, lorsque l'Hb est dés-oxygénée, l'absorption de la lumière R augmente et l'absorption de la lu-

mière IR diminue. Ainsi dans l'oxymétrie à infra-rouge deux longueurs d'onde (R et IR) sont émises à l'aide d'un émetteur-captteur au sein des tissus (par exemple au travers l'extrémité digitée) (Fig.1) (Yoshida *et al.*, 1980), et leur absorption relative et respective est mesurée. La proportion d' $HbO_2$  par rapport au total d'Hb (=  $SaO_2$ ) peut être calculée en faisant le rapport entre l'absorption de lumière rouge (R) et l'absorption de la lumière infrarouge (IR).

Ce principe n'est applicable que si aucun autre matériel n'absorbe la lumière, ce qui n'est pas le cas des mesures in vivo (Hanning, 1986). Afin d'éviter les artefacts et de mesurer uniquement la saturation en oxygène du sang artériel, on mesure le changement d'absorption de la lumière correspondant à la variation de volume sanguin associée à chaque pulsation (principe de pléthysmographie) (Fig. 1). Le sang ar-

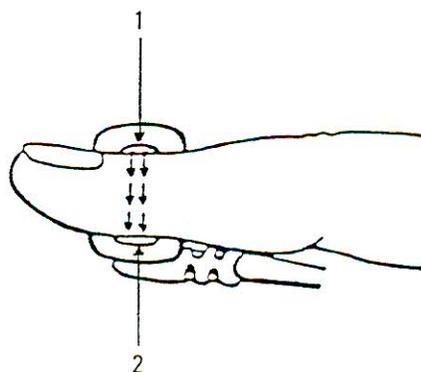


Fig. 1 : Capteur utilisé en médecine humaine et adapté au doigt des patients. Surfaces émettrice (1) et réceptrice (2) des ondes rouge et infra-rouge.

tiel peut être ainsi sélectivement mesuré indépendamment du sang veineux ou capillaire et indépendamment de l'épaisseur et de la couleur de la peau. En conclusion, grâce à la mesure du rapport R/IR, la  $SaO_2$  peut être mesurée de façon continue, instantanée et non invasive, à chaque pulsation. Cette technique n'est pas encore utilisée en médecine vétérinaire faute d'études concernant sa fiabilité et sa reproductibilité, lorsqu'elle est transposée dans les espèces animales. Ses intérêts potentiels sont pourtant indéniables. En effet, le développement actuel des techniques de soins et de chirurgie – notamment en clinique

des petits animaux – justifient pleinement l'utilisation de l'oxymétrie tant dans la surveillance de patients susceptibles de souffrir d'hypoxémie pour diverses raisons que dans le monitoring des anesthésies. D'autre part, la tendance actuelle de la recherche pratiquée sur les animaux réveillés est de favoriser les techniques d'investigation non douloureuses et non invasives.

Les exigences au sujet de la méthode sont quelque peu différentes en fonction du champ d'application envisagé :

- la recherche exige des mesures rigoureuses, fiables et parfaitement reproductibles;
- la clinique exige un matériel à usage rapide, aisé et non contraignant pour le patient avec une précision de mesure suffisante et l'éventuelle possibilité de faire des enregistrements de longue durée;
- l'anesthésiologie demande la possibilité de pouvoir faire un suivi simple et non contraignant pour les opérateurs, une application rapide et aisée des capteurs et une bonne fiabilité de la mesure.

Le but du présent travail était de faire une étude préliminaire sur les possibilités d'application de l'oxymétrie à infra-rouge basée sur la pulsation en médecine vétérinaire.

### Première expérience : possibilité d'application en clinique

#### Etude de différents sites pour la mise en place du capteur

## INTRODUCTION

L'oxymétrie à infra-rouge basée sur la pulsation n'ayant jamais été appliquée chez des chiens, cette première étude a été réalisée pour trouver un site adéquat pour la mise en place du capteur.

Dans ce but les valeurs de la fréquence cardiaque (FC) en différents endroits – tels que l'oreille, la lèvre supérieure, la langue, un pli de peau du ventre, l'espace interdigité – ont été comparées à la mesure simultanée de la FC effectuée par électrocardiographie.

La connaissance de ce site permettra ultérieurement, dans la seconde partie de cette expérimentation, de vérifier la précision et la fiabilité de l'oxymètre à infra-rouge basé sur la pulsation quant à la mesure de la saturation du sang artériel en oxygène (SaO<sub>2</sub>).

## MATERIEL ET METHODE

### 1. Animaux

Trois chiens de race beagle et un chien de berger collie ont été utilisés. (Table 1)

**Tableau 1**

Description des chiens utilisés lors du premier protocole

N°	Race	Sexe	Age (ans)	Poids (kg)
1	Beagle	Mâle	9	13,0
2	Beagle	Femelle	8	13,3
3	Collie	Mâle	4	25,0
4	Beagle	Mâle	1,5	15,5

### 2. Matériel

L'oxymètre à infra-rouge basé sur la pulsation, utilisé au cours des différentes

expérimentations, est le «Pulsox-7» (Minolta). Il peut produire un son synchrone au battement cardiaque dont la tonalité varie avec la valeur de la SaO<sub>2</sub>. Ainsi un son plus grave correspond à une diminution de la SaO<sub>2</sub>, tandis qu'un son plus aigu indique une valeur de SaO<sub>2</sub> plus élevée. Les valeurs instantanées de SaO<sub>2</sub> et de la FC sont données directement sur l'écran digital de l'appareil. En outre les données (SaO<sub>2</sub>, FC) peuvent être imprimées soit en donnant les valeurs de mesures instantanées, soit sous forme de graphique des mesures en cours ou des dossiers mémorisés.

Le capteur habituellement utilisé en médecine humaine et adapté au doigt des patients ne pouvant être utilisé sur des chiens, un prototype très simple (émetteur et capteur placés sur une pince) a été utilisé.

D'autre part la FC des chiens a été mesurée à l'aide d'un électrocardiographe (Cardiofax, ECG 6151) en dérivation DII. Cette mesure de FC est considérée comme valeur de référence.

### 3. Protocole expérimental

Une tranquillisation a été réalisée à l'aide de xylazine (Rompun®) à la dose

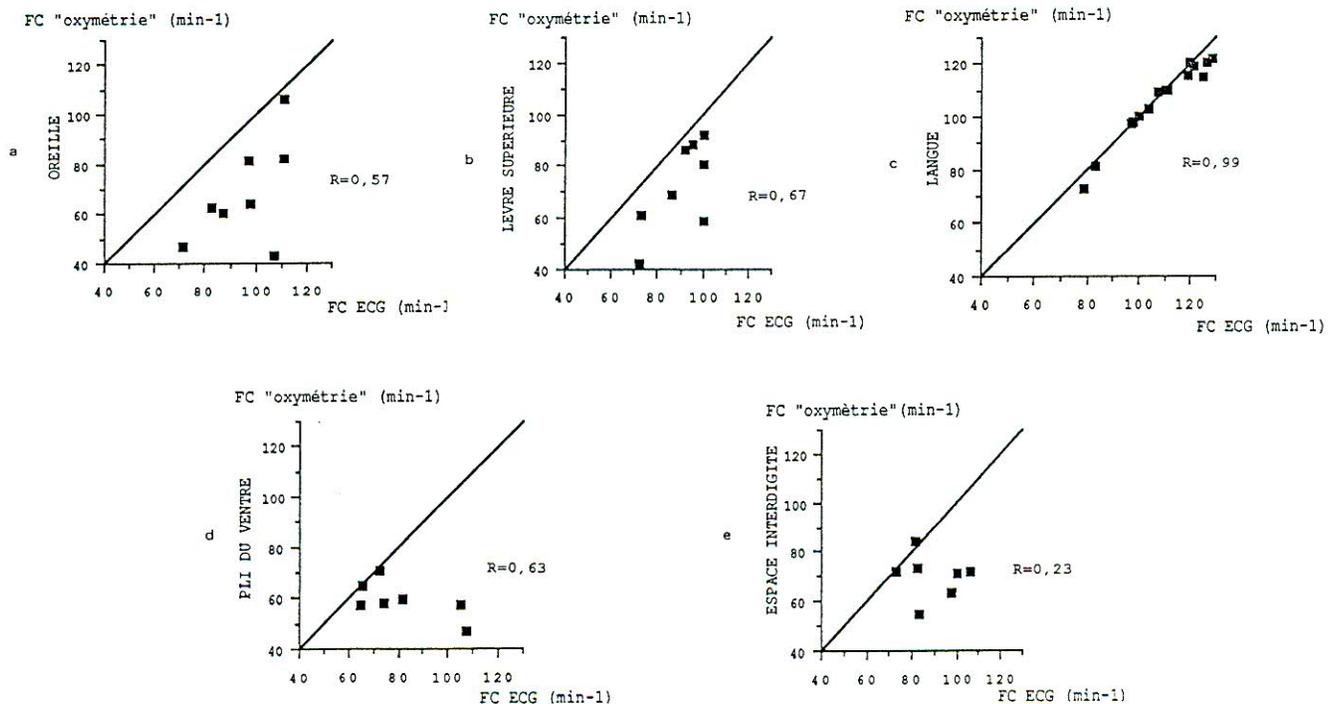
de 2 mg/kg IM et d'atropine à la dose de 0,5 mg/kg IM.

Une fois les chiens calmés, l'électrocardiographe et le Pulsox ont été mis en place. Le capteur de l'oxymètre a été placé successivement en différents endroits, soit au niveau de l'oreille, de la lèvre supérieure, de la langue, d'un pli de peau au niveau du ventre, et de l'espace interdigité 1-2.

Les valeurs de FC données par oxymétrie et par électrocardiographie ont été enregistrées simultanément. Ces 2 valeurs de FC (FC «oxymétrie» et FC «ECG») ont été comparées par un test de t pour données paires.

## RESULTATS

Les Fig. 2a, 2b, 2d et 2e montrent qu'il n'y a eu aucune corrélation entre FC «oxymétrie» et FC «ECG» au niveau de l'oreille, la lèvre supérieure, le pli de peau au niveau du ventre et l'espace interdigité 1-2. Par contre, cette corrélation était très étroite lorsque les mesures étaient effectuées au niveau de la langue (Fig. 2c).



**Fig. 2 :** Relation entre les fréquences cardiaques obtenues de façon simultanée grâce à un électrocardiogramme (FC ECG) et à l'oxymètre à infra-rouge (FC «oxymétrie»), la pince capteur étant placée en différents endroits du corps des chiens tranquilisés, c'est-à-dire au niveau de l'oreille (a), de la lèvre supérieure (b), de la langue (c), d'un pli de peau au niveau du ventre (d), de l'espace interdigité 1-2 (e). n = 4, la mesure a été répétée plusieurs fois sur certains chiens.

## DISCUSSION

La langue s'est avérée le site le plus fiable pour la mesure de la FC par oxymétrie. Les autres sites testés se sont avérés totalement ou partiellement non fiables, la FC «oxymétrie» étant toujours inférieure à la FC «ECG». Il a été démontré antérieurement que chez l'homme la couleur de la peau ne jouait aucun rôle sur la précision des mesures par oxymétrie, du fait que la mesure se base sur la pulsation sanguine (Severinghaus, 1986). Cela permet de suggérer que chez les animaux la pigmentation cutanée est également sans influence sur cette mesure.

Une bonne vascularisation de la région testée est certainement un point essentiel (Lew et Hanning, 1986; Ries *et al.*, 1985). Le parallélisme entre les surfaces émettrices et réceptrices, ainsi que leur fixité, sont également des facteurs majeurs pour le bon fonctionnement du système (Yelderman et New, 1983; Mihm et Halperin, 1985).

On peut poser l'hypothèse que la présence de poils a pu induire des erreurs de mesure au niveau de l'oreille et du pli du ventre. Le placement du capteur a dû être souvent réajusté par manque de fixité. L'accès au niveau de l'espace interdigité était assez délicat. Enfin, la présence de poils d'un côté de la lèvre supérieure a défavorisé un bon parallélisme des surfaces émettrices et réceptrices. Ces différentes raisons pourraient donc expliquer l'absence de corrélation entre les FC mesurées par ECG et celles obtenues par oxymétrie.

Dans ces conditions, la langue est le site le plus adéquat. Ceci implique que l'utilisation du Pulsox en médecine vétérinaire, du moins pour le moment, ne peut se faire que sur des animaux tranquillisés.

Il a été conclu au terme de ce premier protocole que, avec le capteur dont nous disposons actuellement, seule la langue semble être un site fiable de prise de mesure pour la FC. Ceci implique que l'utilisation du Pulsox à des fins cliniques, c'est-à-dire sur des chiens non tranquillisés, nécessiterait une adaptation

de la pince-capteur afin que celle-ci puisse être apposée sur un endroit du corps plus facilement accessible que la langue.

### *Deuxième expérience : possibilité d'application en recherche*

### *Fiabilité et précision de l'oxymétrie dans la mesure de la saturation en oxygène du sang artériel chez le chien anesthésié*

## INTRODUCTION

Dans cette deuxième expérience, la fiabilité du Pulsox pour la mesure de la fréquence cardiaque (FC) et de la saturation du sang artériel en O<sub>2</sub> (SaO<sub>2</sub>) a été évaluée sur des chiens anesthésiés placés successivement en normoxie, en hypoxie et à nouveau en normoxie.

## MATERIEL ET METHODE

### 1. Animaux

Cinq chiens de race Beagle (4 mâles et 1 femelle; âge : 18 mois à 9 ans; poids : 13,45 ± 1,05 kg), déclarés en bonne santé à la suite d'un examen général approfondi, ont été utilisés. Au moment de l'expérience, ils étaient à jeun depuis 15 à 20 heures. La concentration en Hb a été mesurée pour chaque chien à partir d'un échantillon de sang veineux (Unimeter 250 Biodynamics) (Table 2). Cette concentration était en moyenne de 11,9 ± 1,31 g/dl.

Tableau 2

Caractéristique des 5 chiens utilisés lors du second protocole

N°	Sexe	Age (ans)	Poids (kg)	Hb (g/dl)
1	Mâle	4	12,50	10,0
2	Mâle	9	13	10,9
3	Femelle	8	13,25	12,0
4	Mâle	1,5	15,50	12,9
5	Mâle	9	13,00	10,7

### 2. Matériel et méthode

Une prémédication a été réalisée à l'aide de la xylazine (Rompun®) à la dose de 2 mg/kg IM et d'atropine à la dose de 0,5 mg/kg IM.

Après dix minutes, de la kétamine (Imalgène 500®) a été administrée à la dose de 10 mg/kg IM.

Afin de faire des prélèvements de façon non invasive, des prises de sang capillaire artérialisé ont été réalisées au niveau de l'oreille des chiens anesthésiés.

L'oreille de chaque chien a été rasée sur 1 cm<sup>2</sup> et rubéfiée à l'aide de Finalgon® pommade (Boehringer Ingelheim); une incision au scalpel de 2 mm de long a été pratiquée et quelques µl de sang ont été récoltés sur tube capillaire hépariné, en veillant à ne pas former de bulles d'air afin de travailler en condition anaérobie. Ces échantillons de sang capillaire artérialisé ont été immédiatement analysés grâce à un analyseur de gaz sanguin (AVL, Copenhague) pour la pression partielle en O<sub>2</sub> artériel (PaO<sub>2</sub>). En utilisant la formule donnant la courbe de dissociation en O<sub>2</sub> de l'Hb (Fig. 3), on obtient une bonne appréciation de la saturation de l'Hb en oxygène du sang artériel (SaO<sub>2</sub>) (Stryer, 1981):

$$SaO_2 = \frac{(PO_2)^n}{(PO_2)^n + (P_{50})^n}$$

avec n = 2,8 et P<sub>50</sub> = 27 Torr

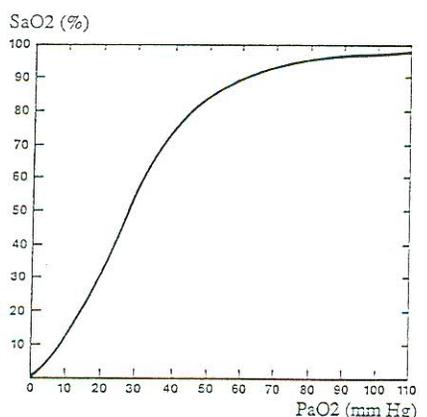


Fig. 3 : Courbe de dissociation de l'oxyHb.

La SaO<sub>2</sub> obtenue par cette méthode était considérée comme référence.

Le capteur du Pulsox a été placé au niveau de la langue des chiens, cet endroit ayant été déterminé comme le plus fiable pour la mesure de la FC au cours de la première expérimentation. L'oxymètre a mémorisé les données de SaO<sub>2</sub> et FC toutes les 5 secondes. Ces données ont été imprimées sous forme de graphique pour chaque chien à la fin de l'expérience.

L'électrocardiogramme (utilisé pour obtenir la FC de référence) et l'oxymètre ont été placés sur les chiens anesthésiés. Les température rectale, FC par l'ECG,

FC par l'oxymètre, PaO<sub>2</sub> (analyseur de gaz sanguins) et SaO<sub>2</sub> («oxymétrie») ont été mesurées de façon simultanée en condition normoxique.

Ensuite, une hypoxie a été induite : à l'aide d'un masque d'anesthésie placé sur le museau des chiens, on a fait respirer ceux-ci dans un ballon étanche pendant une durée de 3 minutes (méthode du rebreathing). Toutes les mesures ont été répétées après 2 et 3 minutes d'hypoxie.

Après 2 minutes de récupération en condition normoxique, un dernier enregistrement des données a été réalisé.

D'une part, les variations relatives de la PaO<sub>2</sub> obtenues par prise de sang et de la SaO<sub>2</sub> obtenues par oxymétrie ont été calculées en rapportant les valeurs au cours d'hypoxie à la valeur de repos pour chaque chien. D'autre part, la SaO<sub>2</sub> obtenue par oxymétrie a été comparée à celle obtenue par calcul à partir de la PaO<sub>2</sub>. Les valeurs ont été comparées avec un test de t pour données paires. Enfin, les FC obtenues par ECG et par oxymétrie ont été corrélées.

## RESULTATS

L'hypoxie a induit une diminution de la PaO<sub>2</sub>, ce paramètre s'élevant ensuite au-dessus de sa valeur de repos lors de la récupération (Fig. 4a). La FC n'a pas été significativement modifiée par l'induction de l'hypoxie (Fig. 4b).

Il n'y avait pas de corrélation entre la mesure de SaO<sub>2</sub> par oxymétrie et celle calculée à partir de la PaO<sub>2</sub> (Fig. 5). Les valeurs de la SaO<sub>2</sub> données par oxymétrie étaient significativement plus basses que la SaO<sub>2</sub> calculée à partir de la PaO<sub>2</sub> ( $P < 0,05$ ). Par contre, il y avait une bonne corrélation ( $r = 0,67$ ) entre les variations relatives de ces deux mesures (Fig. 6).

Les FC mesurées par ECG et oxymétrie étaient parfaitement corrélées.

## DISCUSSION

La Fig. 4a montre qu'après 2 et 3 minutes d'hypoxie, la PaO<sub>2</sub> a diminué. La forte augmentation de la PaO<sub>2</sub> lors de la récupération s'ex-

plique par l'hyperventilation qu'ont montrée les chiens à ce moment de l'expérience.

Le prélèvement de sang artériel capillarisé au niveau de l'oreille a été précédemment étudié comme technique de substitution aux prélèvements par cathétérisation au niveau d'une artère. La fiabilité de la mesure de la PaO<sub>2</sub> dans le sang capillarisé a été démontrée chez les enfants (Gaultier *et al.*, 1978) et chez les adultes (Godfrey *et al.*, 1971). Cette fiabilité n'est réelle que si une vasodilatation optimale est obtenue par un temps de massage suffisamment long de l'oreille et que le temps de prélèvement est court. Le choix de cette méthode a été dicté par l'avantage qu'elle a d'être non invasive, ne nécessitant donc pas la cathétérisation d'une artère.

Comme dans la première partie, il y a corrélation parfaite entre la FC «ECG» et la FC «oxymétrie». Le Pulsox, dont la pince-capteur est fixée sur la langue, est un instrument

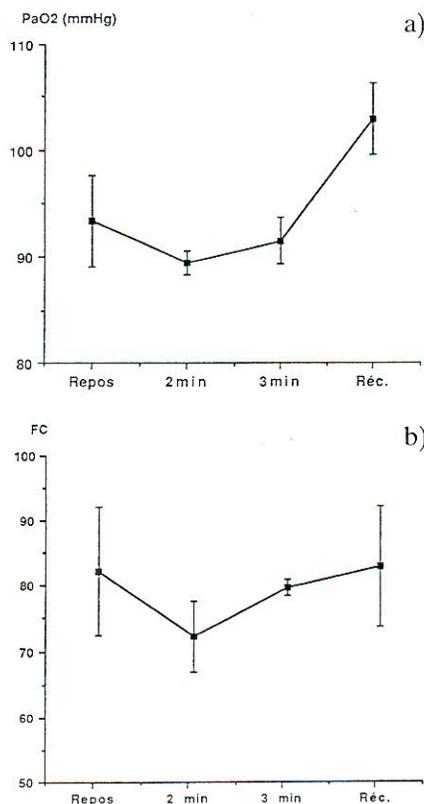


Fig. 4 : Pression partielle en oxygène dans le sang artériel (PaO<sub>2</sub>) (a) et fréquence cardiaque (FC) (b) chez des chiens anesthésiés avant (repos), pendant (2ème et 3ème minute) et après (Réc) une période d'hypoxie induite par la méthode du «rebreathing». Moyenne  $\pm$  erreur standard, n = 5.

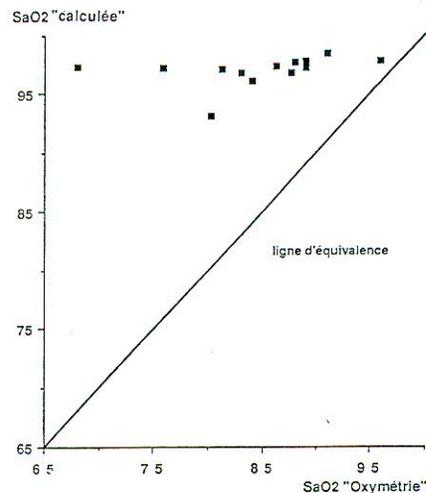


Fig. 5 : Saturation en oxygène dans le sang artériel obtenu par le biais de l'oxymètre à infra-rouge basé sur la pulsation (SaO<sub>2</sub> «oxymétrie») et par calcul à partir de la pression partielle en oxygène dans le sang artériel (SaO<sub>2</sub> calculée).

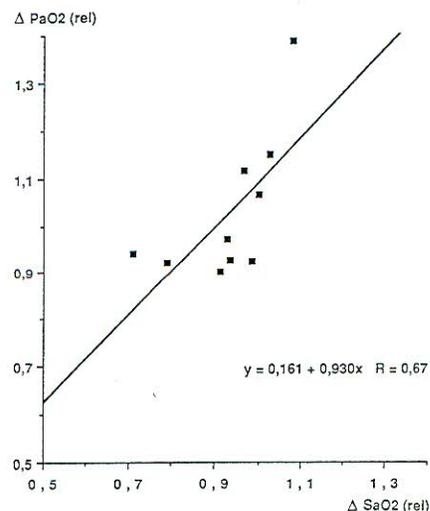


Fig. 6 : Corrélation entre les variations relatives de la PaO<sub>2</sub> [ $\Delta$ PaO<sub>2</sub> (rel)] et de la SaO<sub>2</sub> [ $\Delta$ SaO<sub>2</sub> (rel)] mesurées sur 5 chiens anesthésiés avant, pendant et après une période d'hypoxémie induite par la méthode du «rebreathing». La PaO<sub>2</sub> a été obtenue par analyse de sang capillaire artérialisé et la SaO<sub>2</sub> par le biais de l'oxymètre à infra-rouge basé sur la pulsation.

fiable de mesure de la FC chez le chien.

Il apparaît clairement que la valeur absolue de la SaO<sub>2</sub> donnée par oxymétrie est, dans les conditions actuelles d'utilisation, anormalement basse par rapport aux valeurs réelles mesurées de façon directe. Par contre, la corrélation entre les variations de la SaO<sub>2</sub> mesurées par oxymétrie et les variations effectivement mesurées était bonne ( $r = 0,67$ ). Ceci suggère que si le Pulsox

est donc actuellement non utilisable à des fins de recherche, il peut néanmoins avoir une utilité dans des monitoring d'anesthésie puisqu'il permet de détecter des chutes de la SaO<sub>2</sub>. La non fiabilité des valeurs absolues de la mesure de la SaO<sub>2</sub> par oxymétrie avec une néanmoins bonne fiabilité de la mesure des changements de cette saturation avaient déjà été rapportées par Severinghaus et Naifeh (1987) et par Powers *et al.*, (1989). Parmi les facteurs susceptibles d'altérer la fiabilité de la mesure, il y a d'éventuels changements de positions du capteur et un taux anormalement bas d'Hb (Yelderman et New, 1983). Si le premier facteur peut avoir induit des erreurs de mesures dans le cas de la présente expérimentation (mise en place et retrait du masque), le deuxième n'a pu en aucun cas intervenir étant donné la parfaite normalité du taux d'Hb de nos chiens.

Il a été conclu au terme de cette deuxième expérimentation que le Pulsox, quoique parfaitement fiable pour la mesure de la FC, ne l'est pas suffisamment en ce qui concerne la mesure de la SaO<sub>2</sub>. D'autre part, la nécessité de fixer la pince-capteur sur la langue implique que l'appareil ne peut être utilisé que sur chien tranquilisé ou anesthésié. Jusqu'à une éventuelle modification de la pince-capteur rendant celle-ci utilisable sur animaux, l'utilisation du Pulsox à des fins de recherche reste donc limitée. En effet, dans ce dernier domaine la précision, la fiabilité et la reproductibilité de la mesure priment sur sa facilité d'application.

### Troisième expérience : possibilité d'application en clinique chirurgicale Etude sur 5 cas cliniques

## INTRODUCTION

Dans la dernière partie de cette étude préliminaire, les possibilités d'utilisation de l'oxymétrie à infra-rouge basée sur la pulsation en conditions réelles ont été évaluées. Pour ce faire, le Pulsox a été testé en clinique chirurgicale, lors d'opérations de longue durée.

## MATERIEL ET METHODE

### 1. Animaux

L'oxymètre a été utilisé pour le monitoring de l'anesthésie de diverses opérations chirurgicales sur 5 chiens de différentes races (Table 3).

### 2. Matériel

L'oxymètre à infra-rouge qui a été utilisé pour réaliser ces applications est le Pulsox déjà décrit précédemment. La fréquence cardiaque (FC) a été mesurée à l'aide d'un stéthoscope œsophagien.

### 3. Protocole expérimental

Les chiens ont reçu une prémédication à l'aide d'atropine à la dose de 0,5 mg/kg IM et de xylazine (Rompun®) à la dose de 2 mg/kg IM.

L'induction de l'anesthésie a été réalisée grâce au Pentothal à la dose de 10 mg/kg IV. L'anesthésie a été adéquatement maintenue à l'aide d'une anesthésie gazeuse à l'éthrane ou au forane. La longueur de l'anesthésie a été en moyenne de 135 ± 28 min.

La FC obtenue à l'aide d'un stéthoscope œsophagien a servi de mesure de référence.

Le capteur du Pulsox a été placé sur la langue des chiens anesthésiés. Le capteur étant correctement placé, le Pulsox produit un son synchrone au battement cardiaque. Les FC, fréquence respiratoire, et événements ont été notés minute par minute sur un fiche d'anesthésie. Le Pulsox a permis d'enregistrer les valeurs de FC et de saturation artérielle en O<sub>2</sub> (SaO<sub>2</sub>) au long de chaque opération. Ces données ont été ensuite imprimées graphiquement avec un intervalle d'échantillonnage de 60 secondes (Fig. 7).

## RESULTATS

Le battement cardiaque perçu grâce au stéthoscope œsophagien et le son produit par l'oxymètre, une fois le capteur bien placé, ont été parfaitement synchrones tout au long des opérations chirurgicales. La FC était en moyenne de 80 coups/min pour le chien n° 1, de 110 coups/min pour le chien n° 2, de 95 coups/min pour le chien n° 4, de 100 coups/min pour les chiens n° 3 et 5. On observe une légère baisse de la FC à la fin de l'opération (sauf pour le cas n° 4, qui est très stable).

Les valeurs de SaO<sub>2</sub> apparaissent assez stables (Fig. 7) et supérieures à 90 % (sauf pour le cas n° 2, où il y a une légère baisse au milieu de l'opération avec des valeurs de 88 %). La moyenne de la SaO<sub>2</sub> lors des opérations était environ de 94,93 % ± 2,42 %.

Chez le chien n° 2, le capteur a été légèrement déplacé au cours de l'opération. Ceci se remarque sur les données imprimées par le Pulsox à un intervalle d'échantillonnage de 5 secondes (Fig. 8). A cet instant précis, les mesures de FC et SaO<sub>2</sub> indiquées par le Pulsox ont brusquement chuté, et le son émis par l'appareil est devenu grave et n'était plus du tout synchrone au battement cardiaque perçu par stéthoscope œsophagien.

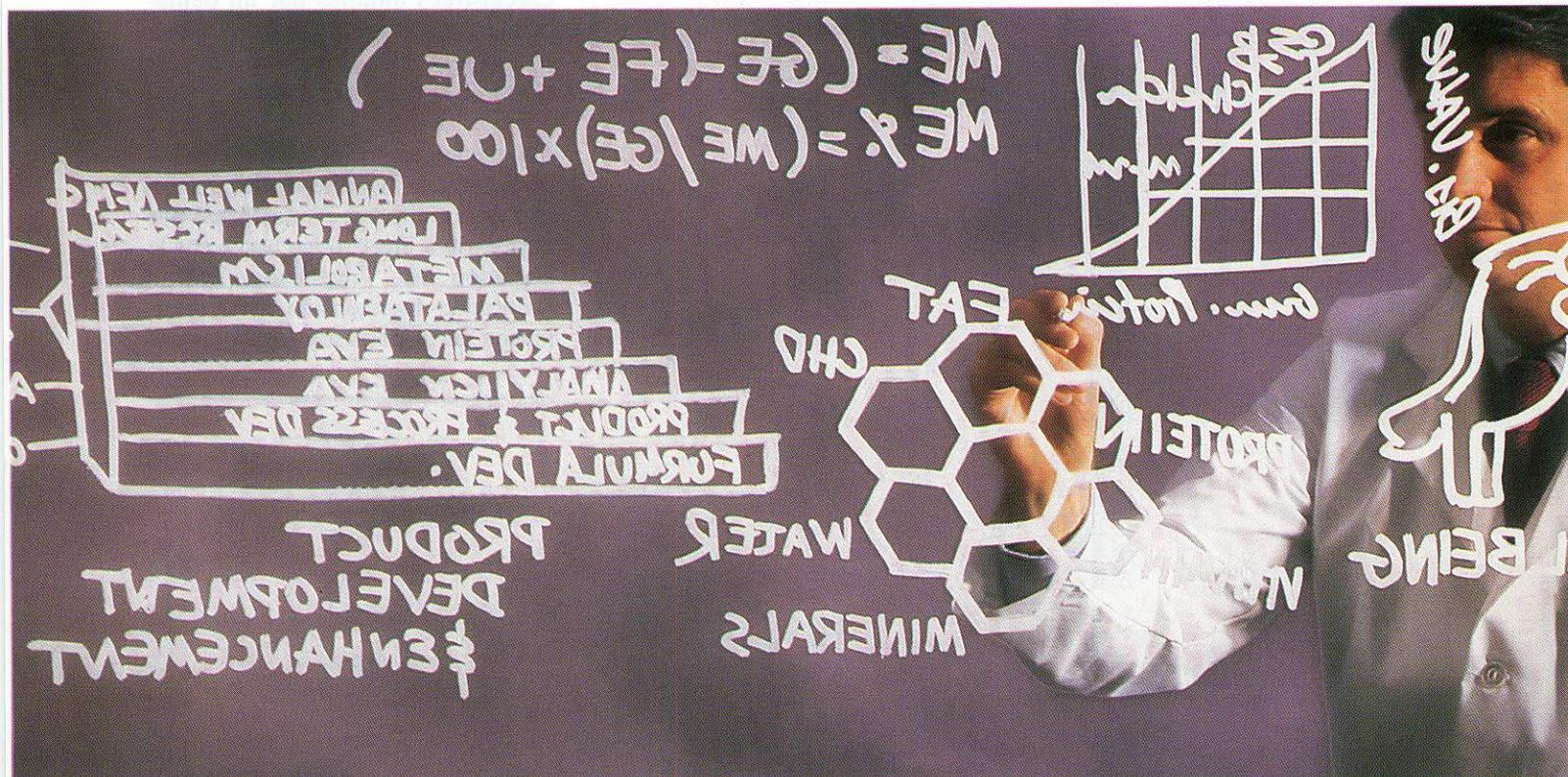
## DISCUSSION

Comme constaté dans les deux premières expériences, il y a corrélation

**Tableau 3**  
Description des chiens utilisés lors du troisième protocole

N°	Race	Sexe	Age (ans)	Poids (kg)	Opération	Durée (min)
1	Yorkshire	Mâle	2	4	ostéosynthèse fémorale par embrochage centromédullaire	125
2	Berger allemand	Femelle	0,5	26	triestéotomie du bassin	160
3	Dobberman	Femelle	3	29	entérotomie	164
4	Caniche	Mâle	4	12	ostéosynthèse du fémur par plaques et vis	95
5	Collie	Mâle	4	25	arthroscopie de l'articulation du grasset	133

## EUKANUBA: Un aliment hors du commun, né d'une prouesse technologique.



Une planification parfaite, une production soignée, aucun détail laissé au hasard. Voici les principes fondamentaux qui régissent la fabrication des aliments IAMS.

EUKANUBA: et IAMS sont des aliments secs, complets, à base d'ingrédients d'origine animale, garantissant une valeur nutritive supérieure.

Prenez par exemple la sélection des ingrédients: une étroite collaboration est entretenue avec les fournisseurs, des analyses très régulières sont effectuées, afin de garantir la conformité des matières premières aux normes de qualité et de fraîcheur. De plus, des études de croissance et d'assimilation de protéines sont menées dans notre centre de recherches afin de s'assurer que celles utilisées sont de la plus haute qualité.



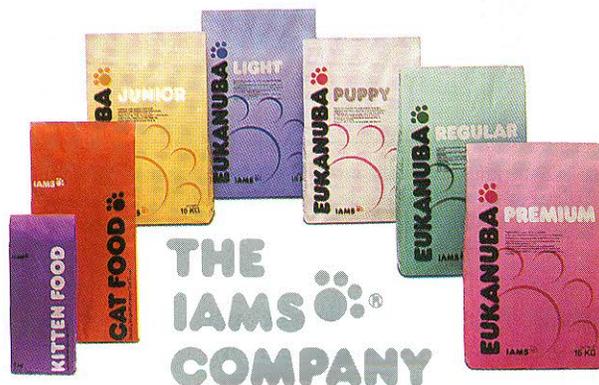
Cependant nous laissons le soin du test final aux meilleurs experts: les chiens et les chats qui participent à des études métaboliques à long terme.

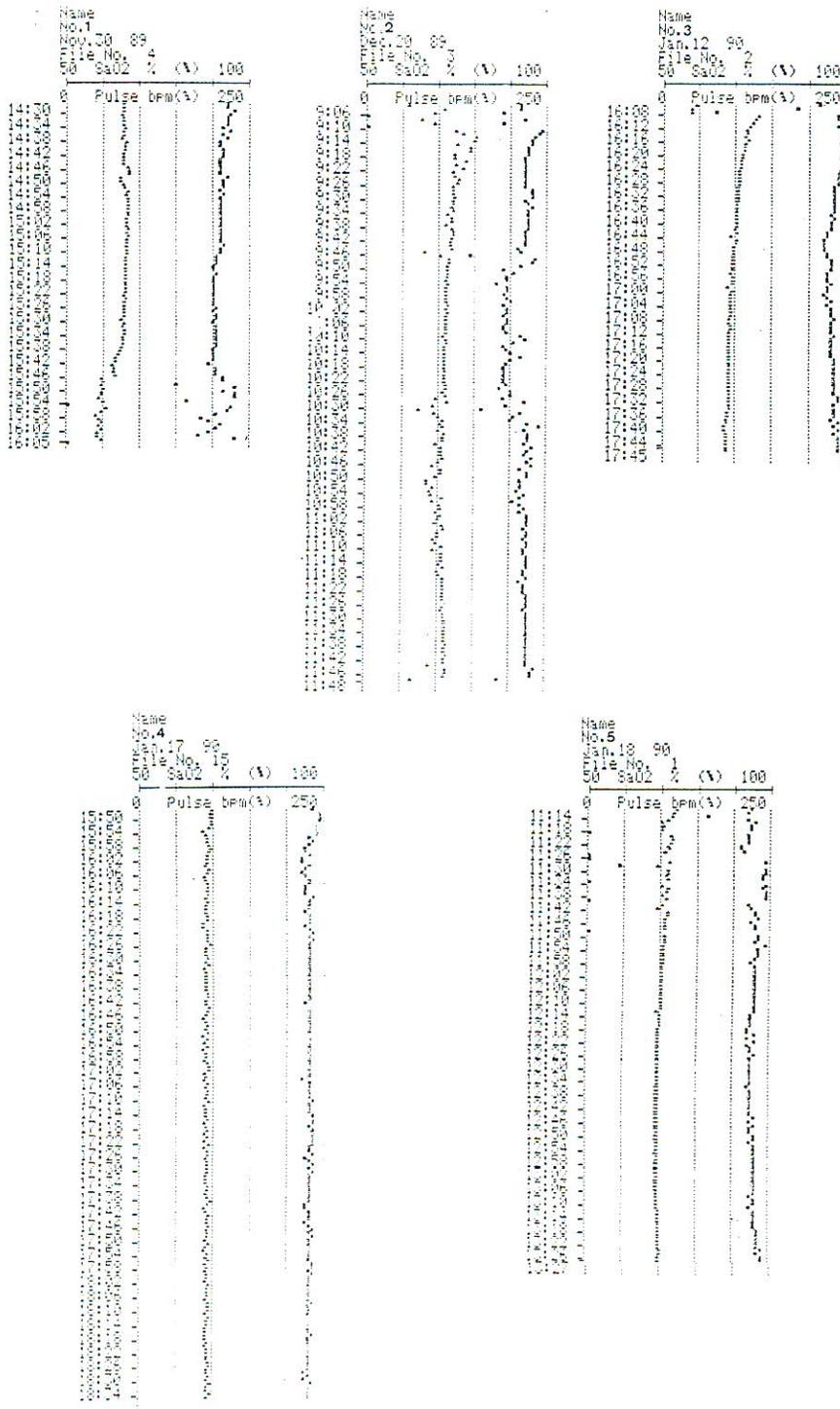
L'énergie métabolisable des aliments IAMS est

mesurée et non estimée comme le font la plupart des fabricants.

Le résultat? Des aliments pour chiens et chats du plus haut niveau répondant à vos et nos critères de qualité que vous pourrez recommander sans crainte à vos clients.

Pour de plus amples informations, contactez: Laroy-Duvo S.A., Poekstraat 14, 9921 Lovendegem-Vinderhoute, Belgique. Tel. (091) 262879





**Fig. 7 :** Saturation artérielle en O<sub>2</sub> (SaO<sub>2</sub>) et fréquence cardiaque (Pulse) en fonction du temps, enregistrées en continu par le Pulsox au cours de 5 interventions chirurgicales (n° 1 à 5) de longue durée, à un intervalle d'échantillonnage de 60 secondes.

parfaite entre la FC donnée par l'oxymètre et la FC réelle enregistrée ici grâce à un stéthoscope œsophagien. Il est donc établi de façon définitive que le Pulsox est parfaitement fiable pour la mesure de la FC même en conditions cliniques. En général, la FC a légèrement baissé

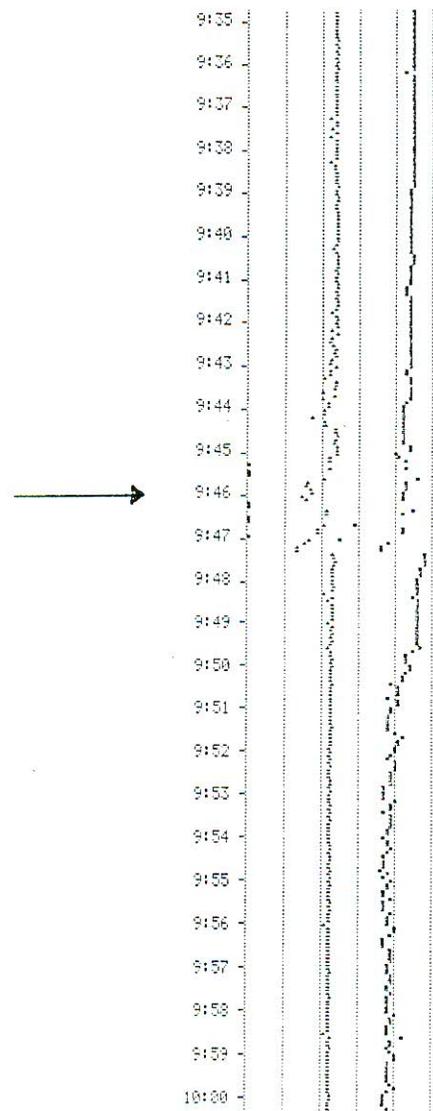
au cours des opérations. Ceci peut s'expliquer par la longueur de ce type d'opération.

Dans cette dernière expérience, il n'y a pas eu de valeur de référence pour la SaO<sub>2</sub>. Les valeurs de SaO<sub>2</sub> lors de ces applications cliniques ont

été plus stables que lors de la deuxième expérimentation.

La modification brutale des valeurs enregistrées induites par un déplacement du capteur chez le chien n° 2 (Fig. 8) confirme bien l'importance de la fixité du capteur.

Un facteur pouvant fortement hypothéquer la fiabilité de la mesure lors de monitoring d'anesthésie par oxymétrie à infra-rouge basée sur la pulsation est l'installation d'une éventuelle hypotension avec diminution de la perfusion de la langue



**Fig. 8 :** Saturation artérielle en O<sub>2</sub> (SaO<sub>2</sub>) et fréquence cardiaque (Pulse) en fonction du temps, enregistrées en continu par le Pulsox chez le chien n° 2 à un intervalle d'échantillonnage de 5 secondes. La flèche indique un moment où le capteur du Pulsox a été légèrement déplacé.

(Lew et Hanning, 1986). La stabilité de la fréquence cardiaque tout au long des opérations reportées ci-avant nous porte à croire que les chiens investigués ici sont restés normotendus.

Un autre inconvénient enfin tient au fait que, étant donné la forme sigmoïde de la courbe de SaO<sub>2</sub> en fonction de PaO<sub>2</sub> (Stryer, 1981), la sensibilité de ce type de mesure, c'est-à-dire sa capacité à détecter de petites variations de PaO<sub>2</sub>, sur des patients en légère hypoxémie est relativement faible (Smyth *et al.*, 1986; Severinghaus et Naifeh, 1987).

Parmi les avantages, il faut mentionner la facilité et la rapidité d'application du capteur et le signal auditif permettant de surveiller l'anesthésie sans devoir quitter le champ opératoire du regard.

Il a été conclu de cette troisième expérience que le Pulsox, dans sa présentation actuelle, et à condition de respecter certaines exigences techniques, pouvait parfaitement convenir pour un suivi de la FC et de la SaO<sub>2</sub> lors d'anesthésie chez les chiens.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les Dr. M. Balligand, C. Clercx et J. Versteegen pour leur aimable collaboration.

Ils remercient également Mme M. Leblond et Mr J.-C. Leroy pour leur aide technique.

## SUMMARY

### Potential use of pulse oximetry in canine medicine

The potential use of the pulse oximetry in veterinary medicine was investigated in dogs with three different protocols.

In the first time, heart rates (HR) recorded by electrocardiography (ECG) on the one hand, and by pulse oximetry on the other hand were correlated while the probe was placed at different sites on the dog's body. The tongue was the only reliable site to place the probe.

In the second time, the reliability of the measurements of HR and oxygen arterial blood saturation (SaO<sub>2</sub>) by pulse oximetry was studied by comparing the results obtained by

ECG for the HR and by direct arterial blood gas analysis for the SaO<sub>2</sub>. This experiment was performed on anaesthetized dogs while they were in normoxic conditions, in hypoxic conditions and in normoxic conditions again. HR obtained by ECG and by pulse oximetry, and the relative changes in SaO<sub>2</sub> (measured by oximetry) and the arterial partial pressure in O<sub>2</sub> (PaO<sub>2</sub>) (by blood gas analysis) were closely correlated. On the opposite, the absolute values of SaO<sub>2</sub> obtained by pulse oximetry were different from those calculated on the basis of PaO<sub>2</sub>.

In the last protocol, a follow-up of anaesthesia was performed on 5 dogs during surgery.

It was concluded that, at the present time, the pulse oximeter is a reliable technique to record the HR and the relative changes in SaO<sub>2</sub> but not to measure the absolute value of SaO<sub>2</sub>. On the other hand, the fact that the probe can only be applied on the tongue implies that it can be only used on tranquilized or anaesthetized dogs. Therefore, its use in canine medicine would require some modifications of the probe.

## BIBLIOGRAPHIE

- ABBOTT M.A. Monitoring oxygen saturation levels in the early recovery phase of general anaesthesia. In : Pulse Oximetry, Payne J.P., Severinghaus J.W. (Eds), Springer-Verlag, Berlin, 1986, 165-171.
- ASARI M., KEMMOTSU O. Application of the pulse wave ear oximeter in anesthesiology. *Masui*, 1976, **26**, 205-207.
- BARKER S.J., TREMPER K.K. Transcutaneous oxygen tension : a physiological variable for monitoring oxygenation. *J. Clin. Mon.*, 1985, **1**, 130-134.
- CARDENAS F.E. Non-invasive oximetry during anaesthesia. In : Pulse Oximetry, Payne J.P., Severinghaus J.W. (Eds), Springer-Verlag, Berlin, 1986, 79-81.
- FAIT C.D., WETZEL R.C., DEAN J.M., SCHLEIEN C.L., GIOIA F.R. Pulse oximetry in critically ill children. *J. Clin. Monit.*, 1985, **1**, 232-235.
- FANCONI S., DOHERTY P., EDMONDS J.F., BARKER G.A., BOHN D.J. Pulse oximetry in pediatric intensive care : Comparison with measured saturations and transcutaneous oxygen tension. *J. Pediatr.*, 1985, **107**, 362-366.
- FAULKNER J.E. Pco<sub>2</sub> index : a non-invasive method of evaluating tissue perfusion (Abstract). *Vet. Surgery*, 1988, **17**, 32.
- FLICK M.R., BLOCK A.J. Continuous in vivo measurement of arterial oxygen saturation by oximetry. *Heart and Lung*, 1977, **6**, 990-993.
- FRIESEN R.H. Pulse oximetry during pulmonary artery surgery. *Anesth. Analg.*, 1985, **64**, 376.
- GAULTIER C., BOULE M., ALLAIRE Y., CLEMENT A., BUVRY A., GIRARD F. Determination of capillary oxygen tension in infants and children. *Bull. europ. Physiopath. respir.*, 1978, **14**, 287-297.
- GODFREY S., WOZNIAK E.R., COURTENAY EVANS R.S., SAMUELS C.S. Ear lobe blood samples for blood gas analysis at rest and during exercise. *Brit. J. Dis. Chest.*, 1971, **65**, 58-64.
- HANNING C. Sensitive monitoring of oxygen levels. *Middle East Health*, 1986, **22**, 17-20.
- HUCH R., HUCH A., LUBBERS D.W. Transcutaneous measurement of blood PO<sub>2</sub> (PtcO<sub>2</sub>) method and application in perinatal medicine. *J. Perinatal Med.*, 1973, **1**, 183.
- HUCH R., HUCH A., ALBANI M. *et al.* Transcutaneous PO<sub>2</sub> monitoring in routine management of infants and children with cardiorespiratory problems. *Pediatrics*, 1976, **57**, 681-690.
- KWAN M., FATT I. A non-invasive method of continuous arterial oxygen tension estimation from measured palpebral conjunctival oxygen tension. *Anesthesiology*, 1971, **35**, 309-314.
- LAFFEBER H.N. Zuurstofbewaking : verscuiving van laboratorium naar patiënt. *Lab/ABC*, 1988, **25**, 12-14.
- LEW J.K.L., HANNING C.D. Oxygen monitoring in the intensive therapy unit. *Intensive Care World*, 1986, **3**, 81-83.

- MIHM F.G., HALPERIN B.D. Noninvasive detection of profound arterial desaturations using a pulse oximetry device. *Anesthesiology*, 1985, **62**, 85-87.
- MYYASAH K. Use of non-invasive oximetry during the induction of anaesthesia in children. In : Pulse Oximetry, Payne J.P., Severinghaus J.W. (Eds), Springer-Verlag, Berlin, 1986, 95-100.
- NAKAJIMA S., IKEDA, NISHIOKA H., SASAJIMA T., TAKEUCHI K., IKEDA H., ATSUDA T., TAMURA M., KUBO Y., SAMEJIMA N. Clinical application of a new (fingertip type) pulse wave oximeter. *Jpn. J. Surg.*, 1979, **41**, 57-61.
- PLENDERLEITH J.L., DOUGALL J., ASBURY A.J. Use of the ohmeda Biox III Oximeter in an invasive core unit. In : Pulse Oximetry, Payne J.P., Severinghaus J.W. (Eds), Springer-Verlag, Berlin, 1986, 58-64.
- POWERS S.K., DODD S., FREEMAN J., AYERS G.D., SAMSON H., McKNIGHT T. Accuracy of pulse oximetry to estimate HbO<sub>2</sub> fraction of total Hb during exercise. *J. Appl. Physiol.*, 1989, **67**, 300-304.
- RIES A., FARROW J., CLAUSEN J. Accuracy of two ears oximeters at rest and during exercise in pulmonary patients. *Al. Rev. Respir. Dis.*, 1985, **132**, 685-689.
- SEDAK M.J., HARRIS A.P., ROGERS M.C., *et al.* Pulse oximetry in newborn infants in the delivery room. *Anesthesiology*, 1985, **63**, A433.
- SEDAK M.J., HARRIS A.P., DENHAM R.T. Accuracy of pulse oximetry during severe arterial oxygen desaturation. *Anesthesiology*, 1986, **65**, A133.
- SEDAK M.J., HARRIS A.P. Neonatal pulse oximetry in the delivery room; review of recent investigations. *Perinatology-Neonatology*, 1987, **6**, 8-19.
- SEVERINGHAUS J.W. Historical development of oxygenation monitoring. In : Pulse Oximetry, Payne J.P., Severinghaus J.W. (Eds), Springer-Verlag, Berlin, 1986, 1-18.
- SEVERINGHAUS J.W., ASTRUP P.B. History of blood gas analysis. VI Oximetry. *J. Clin. Monit.*, 1986, **2**, 270-288.
- SEVERINGHAUS J.W., NAIFEH K.H. Accuracy of response of six pulse oximeters to profound hypoxia. *Anesthesiology*, 1987, **67**, 551-558.
- SHIMADA Y., YOSHIYA I., OHA N., HAMAGURI K. Effects of multiple scattering and peripheral circulation on arterial oxygen saturation measured with a pulse-type oximeter. *Med. Biol. Eng. Comput.*, 1984, **22**, 475-478.
- SHOEMAKER W.C., VIDYASAGAR D. Physiological and clinical significance of PtcO<sub>2</sub> and PtcCO<sub>2</sub> measurements. *Crit. Care Med.*, 1981, **9**, 689-690.
- SMYTH R., D'URZO A., SLUTSKYA, GALKO B., REBUCK A. Ear oximetry during combined hypoxia and exercise. *J. Appl. Physiol.*, 1986, **60**, 716-719.
- STRYER L. Hemoglobin : an allosteric protein. In : Biochemistry. Freeman W.H. and Co (Eds), 2nd edition, New-York, 1981, pp. 65-85.
- TREMPER K.K., BARKER S.J. Pulse oximetry and oxygen transport. In : Pulse Oximetry, Payne J.P., Severinghaus J.W. (Eds), Springer-Verlag, Berlin, 1986, 19-27.
- TYLER I.L., TANTISIRA B., WINTER P.M., MOTOYAMA E.K. Continuous monitoring of arterial oxygen saturation with pulse oximetry during transfer to the recovery room. *Anesth. Analg.*, 1985, **64**, 1108-1112.
- VAN DER ZEE H.T., FAITHFUL N.S., KUYPERS M.H., DHASMANA K.M., ERDMANN W. On line conjunctival oxygen tension as a guide to cerebral oxygenation. *Anesth. Analg.*, 1985, **64**, 63-67.
- YELDERMAN M., NEW W. Jr Evaluation of pulse oximetry. *Anesthesiology*, 1983, **59**, 349-362.
- YOSHIYA I., SHIMADA Y., TANAHARA K. Spectrophotometric monitoring of arterial oxygen saturation in the fingertip. *Med. Biol. Eng. Comput.*, 1980, **18**, 27-32.